

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-122036

(43)Date of publication of application : 17.05.1996

(51)Int.Cl.

G01B 11/30

G01N 37/00

G02B 21/00

(21)Application number : 06-263584

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 27.10.1994

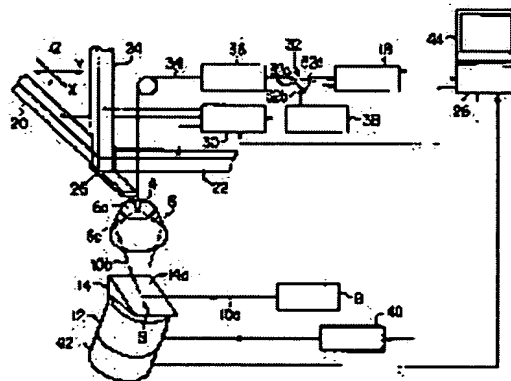
(72)Inventor : AIZAKI SHINICHIROU

(54) SCANNING NEAR-FIELD OPTICAL MICROSCOPE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a scanning near-field optical microscope, which removes an optical influence generated depending on the advance direction of evanescent waves and on the arrangement relationship of a sample to be measured, and which can obtain optical information only on the sample to be measured by incident light on the sample to be measured giving a degree of freedom.

CONSTITUTION: The scanning near-field optical microscope is provided with an illumination means by which the irradiation direction of a reflected laser beam 10b is turned and by which the propagation direction of evanescent waves is turned, and an arithmetic and measuring means by the detection data detected by a probe 4 is operated while a sample is irradiated with the reflected laser beam. The illumination means is provided with a prism 6, and a rotating illumination light source by which the rear of the sample on the prism is irradiated with the reflected laser beam at an angle of incidence of the critical angle or higher and by which its irradiation direction is turned. The rotating illumination light source is provided with a light source 8 and a wedge-shaped mirror 14 which is fixed onto a motor 12. The arithmetic and measuring means is provided with an integrating circuit 18 which integrates and averages interference light by the evanescent waves and by scattered light from the sample.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-122036

(43) 公開日 平成8年(1996)5月17日

(51) Int. Cl. ⁴	識別記号	片内整理番号	P I	技術表示箇所
G 0 1 B 11/30	1 0 2 Z			
G 0 1 N 37/00	D			
G 0 2 B 21/00				

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平6-263594

(22) 出願日 平成6年(1994)10月27日

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 合▲崎▼ 紳一郎

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

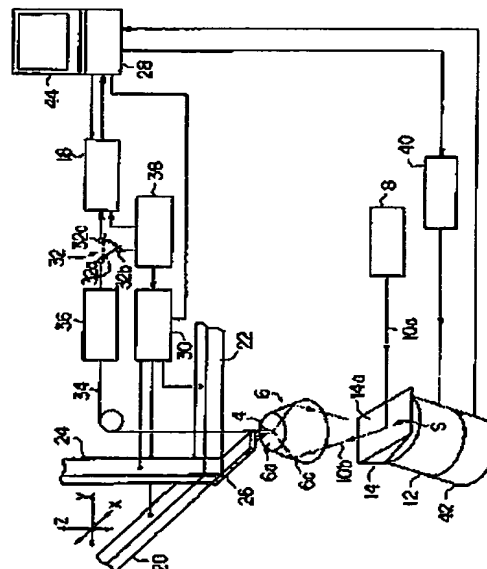
(74) 代理人 弁理士 錦江 武彦

(54) 【発明の名称】 走査型近接場光学顕微鏡

(57) 【要約】

【目的】 測定試料に対する入射光に自由度を持たせることにより、エバネッセント波の進行方向と測定試料の配置関係に依存して生じる光学的影響を除去し、測定試料のみの光学情報を得ることが可能な走査型近接場光学顕微鏡を提供する。

【構成】 反射レーザー光 10 の照射方向を回転してエバネッセント波の伝播方向を回転させる照明手段と、反射レーザー光が試料に照射されている間、プローブ 4 により検出された検出データに演算を施す演算測定手段とを備える。照明手段は、プリズム 6 と、このプリズム上の試料表面に反射レーザー光を臨界角以上の入射角で照射させ且つその照射方向を回転させる回転照明光源とを備える。回転照明光源は、光源 8 とモータ 12 上に固定された楔形ミラー 14 とを備える。演算測定手段は、試料の光学情報のみを測定するように、エバネッセント波と試料からの散乱光との干渉光を積分して平均化する積分回路 18 を備える。



(2)

特開平8-122036

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 試料表面に照明光を照射した際に試料表面近傍に発生したエバネッセント波をプローブを走査することによって検出する走査型近接場光学顕微鏡において、

前記照明光の照射方向を前記試料に対して回転させることによって、前記エバネッセント波の伝搬方向を回転させる照明手段と、

その照射方向を回転しながら前記照明光が前記試料に照射されている間、前記プローブを走査することによって検出された検出データに所定の演算を施して前記試料の光学情報を測定する演算測定手段とを備えていることを特徴とする走査型近接場光学顕微鏡。

【請求項2】 前記照明手段は、前記試料表面に前記照明光が照射されるように前記試料を載置可能なプリズムと、このプリズムに載置されている前記試料の表面に前記照明光を臨界角以上の入射角で照射させ且つその照射方向を前記試料に対して回転させる回転照明光源とを備えていることを特徴とする請求項1に記載の走査型近接場光学顕微鏡。

【請求項3】 前記演算測定手段は、前記試料の光学情報のみが測定されるように、前記エバネッセント波と前記試料からの散乱光とが干渉して発生する干渉光を積分して平均化する積分回路を備えていることを特徴とする請求項1又は2に記載の走査型近接場光学顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、測定試料の表面近傍に局在するエバネッセント光の強度を検出することによって、測定試料に対する解像を行う走査型近接場光学顕微鏡に関する。

*【0002】

【従来の技術】一般的な光学顕微鏡の分解能は、光の回折特性によって決まり、その回折限界によって波長より小さい物体の像は観察できない。しかし上記のような光ではなく、微小空間に局在した別形態の光を使うと、回折限界を超える分解能が得られることが知られている。このような光のことをエバネッセント光と呼ぶ。

【0003】1980年代後半以降、エバネッセント波を用いることにより回折限界を超える分解能を有する光学顕微鏡が提案されている。この光学顕微鏡としては、測定試料の表面近傍に1波長以下の距離までプローブを近づけた状態において、このプローブ先端の微小開口を通過する光の光強度を検出することによって、測定試料に対する解像を行う走査型近接場光学顕微鏡(SNOM: Scanning near field optical microscope)が知られている。

【0004】このSNOMの測定方式としては、コレクション方式とエミッション方式とが知られている。コレクション方式は、測定試料の表面に光を照射した際に測定試料の表面近傍に局在したエバネッセント波をプローブを介して検出することによって測定試料に対するSNOM測定を行う方法である。

【0005】エミッション方式は、プローブ先端の微小開口から測定試料に光を照射した際に測定試料の表面から発生した透過光又は散乱光等を光検出器を介して検出することによって測定試料に対するSNOM測定を行う方法である。これらの方式は、例えば特開平4-291310号公報(AT&T, R. E. Betzig)や、

【0006】

【文献1】

*

N.F.van Hulst, N.P.de Boer and B.Bölger: J. Microscopy

163, 117-130 (1991): An evanescent-field optical microscope.

N.F.van Hulst, M.H.P. Moers and B.Bölger: J. Microscopy

171, 95-105, (1993): Near-field optical microscope in transmission and reflection modes in combination with force microscopy

に開示されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、従来のコレクション方式のSNOMでは、入射光を一方のみから入射させているため、入射光方向(試料面内の方向)にエバネッセント波と測定試料からの散乱光とが干渉する※

※ことにより干渉縞が発生することがある。特に、干渉縞は、球状の測定試料が単独で存在するときに発生する。

このような現象については、

【0008】

【文献2】

N.F.van Hulst, M.H.P. Moers and B.Bölger: J. Microscopy

171, 95-105, (1993): Near-field optical microscope in transmission and reflection modes in combination with force microscopy

に開示されている。

【0009】このため、従来のコレクション方式のSNOMでは、測定試料の光学情報とプローブ先端付近の光

学的な場の情報とが干渉してしまうため、測定試料のみの光学情報を得ることが困難となっている。

【0010】本発明は、このような課題を解決するため

(3)

特開平8-122036

3

になされており、その目的は、測定試料に対する入射光に自由度を持たせることにより、エバネッセント波の進行方向と測定試料の配置関係に依存して生じる光学的影響を除去し、測定試料のみの光学情報を得ることが可能な走査型近接場光学顕微鏡を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、本発明の走査型近接場光学顕微鏡は、試料表面に照明光を照射した際に試料表面近傍に発生したエバネッセント波をプローブを走査することによって検出する走査型近接場光学顕微鏡において、前記照明光の照射方向を前記試料に対して回転させることによって、前記エバネッセント波の伝播方向を回転させる照明手段と、その照射方向を回転しながら前記照明光が前記試料に照射されている間、前記プローブを走査することによって検出された検出データに所定の演算を施して前記試料の光学情報を測定する演算測定手段とを備える。

【0012】

【作用】照明光の照射方向を試料に対して回転しながら照明光が試料に照射されている間、プローブを走査することによって検出された検出データに所定の演算を施して試料の光学情報が測定される。

【0013】

【実施例】以下、本発明の第1の実施例に係る走査型近接場光学顕微鏡について、図1及び図2を参照して説明する。図1及び図2(A)に示すように、本実施例は、試料2表面に照明光(本実施例では、反射レーザー光10bが該当する)を照射した際に試料2表面近傍に発生したエバネッセント波をプローブ4を走査して検出する走査型近接場光学顕微鏡であって、照明光(反射レーザー光10b)の照射方向を試料2に対して回転させることによって、エバネッセント波の伝播方向を回転させる照明手段と、その照射方向を回転しながら照明光(反射レーザー光10b)が試料2に照射されている間、プローブ4を走査することによって検出された検出データに所定の演算を施して試料2の光学情報を測定する演算測定手段とを備えている。

【0014】照明手段は、試料2表面に照明光(反射レーザー光10b)が照射されるように試料2を載置可能なプリズム6と、このプリズム6に載置されている試料2の裏面に照明光(反射レーザー光10b)を臨界角以上の入射角(即ち、全反射角)で照射させ且つその照射方向を試料2に対して回転させる回転照明光源とを備えている。なお、試料2は、プリズム6の試料載置面6aに載置されており、この試料載置面6aは、プローブ4の先端に対面するように形成されている。

【0015】また、回転照明光源は、光源8と、この光源8から出射した出射レーザー光10aをプリズム6方向に反射させるように、モータ12の回転軸12a(図2(A)参照)上に固定された楔形ミラー14とを備え

4

ている。

【0016】ここで、楔形ミラー14から反射した反射レーザー光10b(上記照明光)がプリズム6の試料載置面6aに対して臨界角以上の入射角で照射されたとき、試料載置面6aに載置された試料2からエバネッセント波が発生する。

【0017】かかる条件を満足するように、本実施例に適用された楔形ミラー14は、試料載置面6aに垂直な軸16と出射レーザー光10aの光軸との交点Sに反射面14aが位置付けられるように、試料載置面6aに垂直な軸16と出射レーザー光10aの光軸との成す角を2等分する角度に整合させたモータ12の回転軸12a上に固定されている。

【0018】また、演算測定手段は、試料2の光学情報のみが測定されるように、エバネッセント波と試料2からの散乱光とが干渉して発生した干渉光を積分して平均化する積分回路18を備えている。

【0019】このような構成において、例えば半導体レーザー等の光源8から出射された出射レーザー光10aは、楔形ミラー14の反射面14aからプリズム6方向に反射される。

【0020】プリズム6方向に反射された反射レーザー光10bは、プリズム6の入射面6b(図2(A)参照)を介してプリズム6内に入射した後、第1の反射面6cから反射して試料載置面6aに対して臨界角以上の入射角(即ち、全反射角)で照射される。なお、本実施例において、プリズム6の入射面6bは、反射レーザー光10bの光軸に垂直な面になるように構成されている。

【0021】ここで、モータ12を駆動させて回転軸12aを介して楔形ミラー14を回転させると、反射レーザー光10bは、その照射方向が試料2を中心に回転するように即ち試料2を中心に円軌道を描くように、試料載置面6aに対して全反射角で照射される。このとき、試料2表面近傍にエバネッセント波が発生する。なお、本実施例において、臨界角は、例えばプリズム6の材料としてBK7(波長656.3nmに対する屈折率1.5143)を用いた場合、41.3度となる。

【0022】このように試料2表面近傍に局在しているエバネッセント波を検出して試料2の光学情報を測定する場合、光源8からの出射レーザー光10aの半波長程度までプローブ4を試料載置面6aに近づけた状態で、試料2から発生する散乱光とエバネッセント波とが干渉して発生した干渉光をプローブ4を介して採光しながら試料2表面に対するラスタースキャンが行われる。

【0023】本実施例に適用されたプローブ4は、第1ないし第3の圧電素子20、22、24に支持されたカンチレバーチップ26の先端に設けられており、第1ないし第3の圧電素子20、22、24は、コンピュータ28によって制御されるスキャナーコントローラ30に

50

5

接続されている。なお、第1の圧電素子20は図中矢印X方向に、第2の圧電素子22は図中矢印Y方向に、そして第3の圧電素子24は図中矢印Z方向に、夫々伸縮制御されるように構成されている。

【0024】従って、スキャナーコントローラ30を介して第1ないし第3の圧電素子20、22、24を3次元的に駆動制御することによって、プローブ4を試料2表面に対してラスタースキャンさせることが可能となる。

【0025】本実施例の走査型近接場光学顕微鏡には、10 切換スイッチ32が設けられており、この切換スイッチ32を切り換えることによって、2通りの測定方法を適宜選択することが可能である。

【0026】その第1の測定方法としては、まず、切換スイッチ32の可動接片32aをフィードバック回路用入力端子32bに接触させる。このとき、第1ないし第3の圧電素子20、22、24によってプローブ4を3次元的に走査させると、プローブ4の先端が走査部分のエバネッセント波に接したときに、このエバネッセント波が伝搬光に変換される。そして、かかる伝搬光は、20 プローブ4によって採光された後、光ファイバ34を介して光検出器36に導光され、ここで電気信号に変換される。そして、切換スイッチ32を経てフィードバック回路38に入力される。

【0027】フィードバック回路38は、入力された電気信号に基づいて、プローブ4の先端と試料2表面との間の距離が常時一定距離となるように即ち上記電気信号の値が常時一定値となるように、スキャナーコントローラ30を介して第3の圧電素子24にフィードバック電圧を印加する。

【0028】第1の測定方法では、かかるフィードバック電圧の大きさに基づいて、試料2の光学情報が測定されることになる。このような測定過程において、モータドライバ40によってモータ12を駆動させて楔形ミラー14を回転させると、この楔形ミラー14から反射した反射レーザー光10bは、その照射方向が試料2を中心に回転するように即ち試料2を中心に円軌道を描くように、試料載置面6aに対して全反射角で照射される。このため、試料2表面近傍に発生するエバネッセント波も同様に回転する。

【0029】このような状態において、コンピュータ28から出力されるデジタル信号によってラスタースキャンする場合、スキャナーコントローラ30から第1及び第2の圧電素子20、22に印加されるX印加電圧及びY印加電圧は、図2(B)に示すように、ステップ状に変化する。従って、図2(B)中に示した時間tが1ピクセル(測定点)の停止時間となる。

【0030】そこで、図1及び図2(A)に示すように、上記停止時間t中に反射レーザー光10bを試料2を中心に1回転若しくはそれ以上回転させる。このと

(4)

特開平8-122036

5

き、エンコーダ42からモータ12の回転位置に対応した回転位置信号がコンピュータ28に出力される。コンピュータ28は、入力した回転位置信号に基づいて、反射レーザー光10bの回転に同期して積分回路18のリセット及びサンプリングを切換制御する。この結果、上記停止時間t中、フィードバック回路38から出力されるフィードバック電圧が、積分回路18によって積分されて測定される。この測定値と走査位置がコンピュータ28で画像処理されることによって、ディスプレイ44上に顕微鏡像が表示されることになる。

【0031】なお、通常、第1の圧電体20のX方向へのスキャンは、X方向の走査ラインを複数のピクセル(測定点)に分割することで行われる。例えば、X走査に関して、X方向の1ライン(100 μ mとする)は、256ピクセルに分割され、その分割されたピクセル毎に反射レーザー光10bを試料2を中心に1回転若しくは複数回転させ、反射レーザー光10bを回転させるための時間tだけ走査を停止する。

【0032】次に、第1の圧電体20のY方向の移動に関しては、X方向と同様に分割されたY方向に1ピクセル移動され、この移動が停止される。そして、上述と同様のX走査が行われ、このX走査が終了すると、更にY方向へ第1の圧電体20は移動される。

【0033】一方、第2の測定方法としては、まず、切換スイッチ32の可動接片32aを積分回路用入力端子32cに接触させる。そして、プローブ4の先端と試料載置面6aとの間の距離を常時一定距離に保ちながら、スキャナーコントローラ30を介して第1及び第2の圧電素子20、22にX印加電圧及びY印加電圧を付与して、20 プローブ4を試料載置面6aに沿って走査させる。

【0034】このとき、試料2から発生する散乱光とエバネッセント波とが干渉して発生した干渉光をプローブ4を介して採光し、光検出器36によって検出する。第2の測定方法では、光検出器36によって検出された検出信号に基づいて、試料2の光学情報が測定されることになる。

【0035】このような測定過程において、プローブ4が採光する各走査位置に対して楔形ミラー14から反射した反射レーザー光10bが1回転若しくはそれ以上回転する上記停止時間t中、上記検出信号が、積分回路18によって積分されて測定される。この測定値と走査位置がコンピュータ28で画像処理されることによって、ディスプレイ44上に顕微鏡像が表示されることになる。

【0036】このように本実施例の走査型近接場光学顕微鏡によれば、試料2表面に入射する反射レーザー光10bの照射方向を試料2に対して回転させている間、エバネッセント波と試料2からの散乱光とが干渉して発生した干渉光を積分回路18によって積分して測定することができるため、干渉光の干渉縞が平均化され、エバネ

50

(5)

特開平8-122036

7

8

ッセント波の進行方向と試料2の配置関係に依存して生じる干渉の影響を除去することが可能となる。この結果、試料2のみの光学情報を高精度に測定することが可能となる。更に、切換スイッチ32を設けたことにより、試料2に対して異なるアプローチが可能になり、この点からも上述と同様な光学情報の高精度な測定が可能となる。

【0037】次に、本発明の第2の実施例に係る走査型近接場光学顕微鏡について、図3を参照して説明する。なお、本実施例の説明に際し、第1の実施例と同一の構成には同一符号を付して、その説明を省略する。

【0038】図3に示すように、本実施例に適用された照明手段の回転照明光源は、光源8と、この光源8から出射した出射レーザー光10aをプリズム6方向に反射させるガルバノ式光学系とを備えている。

【0039】ガルバノ式光学系は、図面に平行な方向に配置された第1の回転軸46上に固定された第1のガルバノミラー48と、図面に垂直な方向に配置された第2の回転軸50上に固定された第2のガルバノミラー52とを備えている。

【0040】このような構成において、第1及び第2のガルバノミラー48、52は、プリズム6に入射する反射レーザー光10bがプリズム6の試料載置面6aに対して臨界角以上の入射角（全反射角）で照射される条件を満足しつつ、反射レーザー光10bの照射方向を試料2（図2（A）参照）を中心に回転させるように、回転制御可能に構成されている。なお、他の構成については、第1の実施例と同様であるため、その説明は省略する。

【0041】このような構成によれば、光源8から出射された出射レーザー光10aは、第1及び第2のガルバノミラー48、52からプリズム6方向に反射される。このとき、第1のガルバノミラー48を第1の回転軸46を中心に回転させ且つ第2のガルバノミラー52を第2の回転軸50を中心に回転させることによって、反射レーザー光10bは、その照射方向が試料2を中心に回転するように即ち試料2を中心に円軌道を描くように、試料載置面6aに対して全反射角で照射される。なお、他の作用については、第1の実施例と同様であるため、その説明は省略する。

【0042】このように本実施例の走査型近接場光学顕微鏡によれば、第1の実施例の効果に加えて、第1及び第2のガルバノミラー48、52によって、反射レーザー光10bの反射角度及び回転方向等の照射軌道を任意に制御することができる。このため、照明手段の構成を変更することなく且つ第1及び第2のガルバノミラー48、52の振れ角を制御するだけで種々の形状のプリズム6の試料載置面6aに対して反射レーザー光10bを全反射角で且つその照射方向を回転させながら照射させることが可能となる。なお、図3には、プリズム6の一

例として、第1の実施例に適用されたプリズム6が示されている。

【0043】次に、本発明の第3の実施例に係る走査型近接場光学顕微鏡について、図4を参照して説明する。なお、本実施例の説明に際し、第1の実施例と同一の構成には同一符号を付して、その説明を省略する。

【0044】図4に示すように、本実施例に適用された照明手段には、略円錐台形状のプリズム54が設けられており、この照明手段の回転照明光源には、光源8と、この光源8から出射したレーザー光10の径を所定の大きさに拡大するビームエキスパンダ56と、このビームエキスパンダ56を介して出射されたレーザー光10をプリズム54方向に反射する固定ミラー58と、この固定ミラー58とプリズム54との間の光路中に回転自在に配置されたピンホールプレート60とが設けられている。

【0045】ピンホールプレート60は、その外周縁部に1個のピンホール60aを備えており、固定ミラー58の中心に形成された開口58aを介して挿通された回転軸62の先端に固定されている。また、この回転軸62の基端にはモータ64が接続されており、このモータ64を駆動させて回転軸62を回転させることによって、ピンホールプレート60が回転されるように構成されている。なお、他の構成については、第1の実施例と同様であるため、その説明は省略する。

【0046】このような構成において、光源8から出射されたレーザー光10は、ビームエキスパンダ56によって所定の大きさに変換された後、固定ミラー58の反射面58aからピンホールプレート60方向に反射される。

【0047】ピンホールプレート60に照射されたレーザー光10は、ピンホール60aに照射された光束のみがピンホールプレート60を通過して、プリズム54の裏面54cに垂直に入射する。

【0048】そして、プリズム54に入射したレーザー光10は、第1の反射面54bによって試料載置面54a方向に反射され、臨界角以上の入射角（全反射角）で試料載置面54aに照射される。

【0049】このとき、モータ64によって回転軸62上のピンホールプレート60を回転させると、レーザー光10は、その照射方向が回転しながら試料載置面54aに照射される。このため、上述した各実施例と同様に、試料（図示しない）表面近傍に発生するエバネッセント波も同様に回転する。なお、他の作用については、第1の実施例と同様であるため、その説明は省略する。

【0050】このように本実施例の走査型近接場光学顕微鏡によれば、第1の実施例の効果に加えて、ピンホール60aを通過したレーザー光10をプリズム54の裏面54cに垂直に入射させることができるため、プリズム54とピンホールプレート60との間の距離を任意に

(6)

特開平 8-122036

9

変更させることが可能となる。

【0051】

【発明の効果】本発明によれば、試料表面に入射する照明光の照射方向を試料に対して回転させている間、プローブを介して検出された検出データに所定の演算を施して測定が行われるため、エバネッセント波の進行方向と試料の配置関係に依存して生じる光学的影響を除去することが可能となる。この結果、試料のみの光学情報を高精度に測定することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係る走査型近接場光学顕微鏡の全体の構成を概略的に示す図。

【図2】(A)は、第1の実施例に係る走査型近接場光*

19

* 学顕微鏡に適用された照明手段の構成を概略的に示す

図。(B)は、ラスタースキャンする場合、スキャナーコントローラから第1及び第2の圧電素子に印加されるX印加電圧及びY印加電圧の変化状態を示す図。

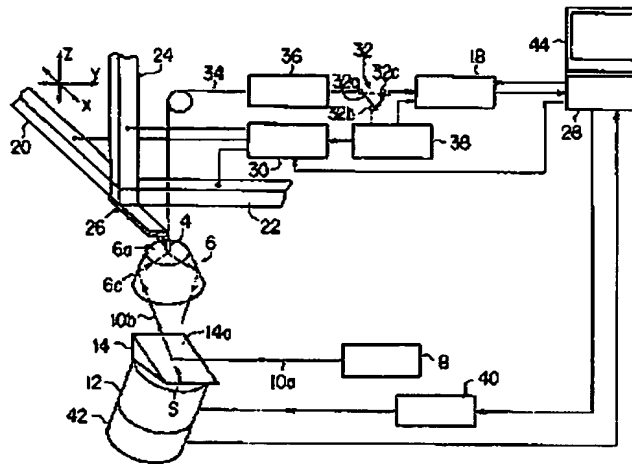
【図3】本発明の第2の実施例に係る走査型近接場光学顕微鏡に適用された照明手段の構成を概略的に示す図。

【図4】本発明の第3の実施例に係る走査型近接場光学顕微鏡に適用された照明手段の構成を概略的に示す図。

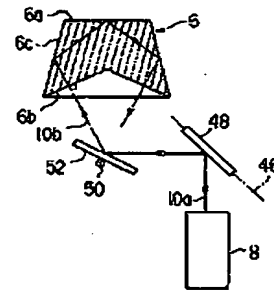
【符号の説明】

19 4…プローブ、6…プリズム、8…光源、10b…反射レーザー光、12…モータ、14…楔形ミラー、18…積分回路。

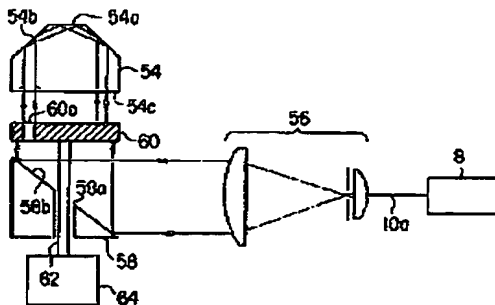
【図1】



【図3】



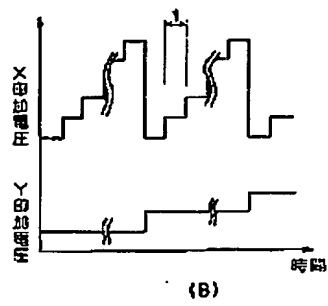
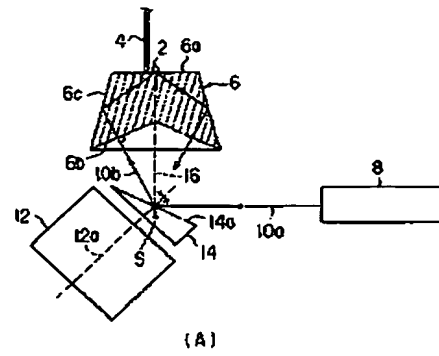
【図4】



(7)

特開平 8-122036

【図2】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☒ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.